

Sara Havumäki, Heini Järvinen, Essi Setälä

# Myopian lähteillä

Silmän biometrinen mittojen yhteys myopian määrään

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Optometristi

Optometrian koulutusohjelma

Opinnäytetyö

31.3.2014

Tekijä(t) Otsikko	Sara Havumäki, Heini Järvinen, Essi Setälä Myopian lähteillä - Silmän biometristen mittojen yhteys myopiaan
Sivumäärä Aika	36 sivua 31.3.2014
Tutkinto	Optometrismi
Koulutusohjelma	Optometrian koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Optometria
Ohjaaja(t)	Lehtori Juha Havukumpu Lehtori Juha Päälysaho
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, mitkä silmän biometriset mitat ovat yhteydessä myopian määrään ja kehittymiseen. Vertailimme miesten ja naisten välisiä eroja myopiaan liittyvissä tekijöissä.</p> <p>Tutkimusaineisto koostui 118 likinäköisen henkilön silmien mittaustiedoista. Silmän etu-osan biometriset mittaukset tehtiin Pentacam(Oculus) laitteella ja silmän aksiaalinen pituus mitattiin IOL-masterilla. Mittaustulokset analysoitiin SPSS-ohjelmalla. Tuloksista selvitimme korrelaatiokertoimet silmän sfäärisen ekvivalentin ja biometristen arvojen välillä. Otimme korreloivista arvoista keskiarvot. Vertailimme keskiarvoja sekä korrelaatioita miesten ja naisten välillä. Lisäksi selvitimme korrelaatiot säännönmukaisen ja säännönvastaisen astigmatismien ja sfäärisen ekvivalentin välillä.</p> <p>Eniten sfäärisen ekvivalentin kanssa korreloi silmän aksiaalinen pituus (<math>r = -0.642</math>, <math>p = 0</math>). Kammiokulma (<math>r = -0.385</math>, <math>p = 0.004</math>), etukammion syvyys (<math>r = -0.382</math>, <math>p = 0.004</math>) ja etukammion tilavuus (<math>r = -0.423</math>, <math>p = 0.001</math>) korreloivat sfäärisen ekvivalentin kanssa miehillä mutta eivät naisilla. Sfäärisen ekvivalentin kanssa eivät korreloineet sarveiskalvon paksuus, sarveiskalvon taittovoima tai sarveiskalvon eksentrisyys. Henkilöillä, joilla oli säännönmukaista astigmatiaa, myopian määrä oli 0.78 dpt suurempi ja astigmatian määrä oli 0.28 dpt suurempi kuin niillä, joilla oli säännönvastaista astigmatiaa.</p> <p>Tuloksista voimme päätellä, että silmän aksiaalinen pituus vaikuttaa eniten myopian määrään. Olettaisimme, että naisilla ja miehillä eri tekijät saattavat vaikuttaa myopiaan, koska sfäärisen ekvivalentin kanssa korreloi eri biometriset mitat naisilla ja miehillä. Henkilöillä, joilla oli säännönmukaista astigmatiaa, oli enemmän myopiaa ja astigmatiaa kuin niillä, joilla oli säännönvastaista astigmatiaa.</p>	
Avainsanat	Myopia, astigmatia, sfäärinen ekvivalentti, biometriset mitat

Author(s) Title  Number of Pages Date	Sara Havumäki, Heini Järvinen, Essi Setälä On the roots of the myopia - The connection between myopia and eye's biometric parameters  36 pages 31 March 2014
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Optometry
Specialisation option	Optometry
Instructor(s)	Juha Havukumpu, Senior Lecturer Juha Päällysaho, Senior Lecturer
<p>The purpose of this study was to examine which biometric parameters are related to myopia and its development. We also compared the differences in myopia between males and females.</p> <p>There were 118 myopic subjects in this study. The measurements of the anterior part of the eye were taken with the Pentacam (Oculus) device and the eye's axial length was measured with IOL-master. We used the SPSS program to analyze the results. We solved correlation coefficients between spherical equivalent and eye's biometric parameters. We calculated means for the correlative measurements. We compared means and correlations between males and females. We also solved correlation coefficients between with-the-rule astigmatism and spherical equivalent, and between against-the-rule astigmatism and spherical equivalent.</p> <p>The parameter, which had the highest correlation with the spherical equivalent was the eye's axial length (<math>r = -0,642</math>, <math>p = 0</math>). The anterior chamber angle (<math>r = -0.385</math>, <math>p = 0.004</math>), the depth of the anterior chamber (<math>r = -0.382</math>, <math>p = 0.004</math>), and the volume of the anterior chamber (<math>r = -0.423</math>, <math>p = 0.001</math>) correlated with the spherical equivalent among males, but not among females. The parameters, which did not correlate with the spherical equivalent, were the corneal thickness, the corneal refraction, and the corneal eccentricity. Subjects with with-the-rule astigmatism had 0.78 dpt more astigmatism and 0.28 dpt more myopia than those, who had against-the-rule astigmatism.</p> <p>The results lead to the conclusion that the eye's axial length affects most to myopia. We may assume, that different kinds of factors might affect to myopia in males and females. People with with-the-rule astigmatism had more myopia and astigmatism than those, who had against-the-rule astigmatism.</p>	
Keywords	Myopia, astigmatism, spherical equivalent, biometric parameters

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Myopia	2
2.1	Kehitys	2
2.2	Vaikuttavat tekijät	3
2.3	Kehityksen hidastaminen	5
3	Silmän biometriset mitat	6
4	Tutkimuksen tausta	8
5	Tutkimustuloksia ja analysointia	10
5.1	Sfäärinen ekvivalentti ja silmän biometriset mitat	11
5.1.1	Sfäärisen ekvivalentin korrelaatio sarveiskalvon taittoon, paksuuteen ja eksentrisyyteen	11
5.1.2	Sfäärinen ekvivalentti ja silmän aksiaalinen pituus	12
5.1.3	Sfäärinen ekvivalentti ja kammiokulma	14
5.1.4	Sfäärinen ekvivalentti ja etukammion tilavuus	15
5.1.5	Sfäärinen ekvivalentti ja etukammion syvyys	16
5.2	Sfäärisen ekvivalentin erot miehillä ja naisilla	18
5.3	Astigmatia	20
5.3.1	Sfäärinen ekvivalentti ja astigmatia	20
6	Pohdinta	22
	Lähteet	24

## 1 Johdanto

Opinnäytetyömme on kvantitatiivinen tutkimus, joka käsittelee myopian määrään ja kehittymiseen vaikuttavia tekijöitä. Teoriaosuudessa selvitämme, miksi silmä likinäköistyy ja miten tätä prosessia voisi hidastaa. Käymme lyhyesti läpi ne silmän biometriset mitat, joita tutkimme ja analysoimme. Tarkoituksena oli selvittää, millä biometrisillä mittoilla on yhteys myopian määrään. Lisäksi tutkimme lyhyesti astigmatian ja myopian välistä yhteyttä. Työssä vertaillaan myös miesten ja naisten välisiä eroja.

Tammikuussa 2013 meille ehdotettiin myopian kehittymistä käsittelevän pitkittäistutkimuksen tekemistä. Tutkimusluvan saaminen olisi ollut kuitenkin liian aikaavievä prosessi opinnäytetyön valmistumista ajatellen, vaikka aihe olikin kiinnostava. Kun meille ehdotettiin samaa asiaan käsittelevän valmiin aineiston analysointia, lopullinen aihe tarkentui. Syksyllä 2013 saimme käyttöömmme silmälääkäri Olavi Pärssisen keräämän aineiston analysointia varten. Loppuvuodesta 2013 aloimme hankkia tietoa teoriaosiin ja kirjoittamaan sitä. Talvella 2014 ajoimme aineiston SPSS-ohjelmalla ja analysoimme tulokset.

Myopiaa käsitteleviä tutkimuksia on paljon ja niitä on tehty erilaisista näkökulmista lähestyen eri puolilla maailmaa. Tutkimusten suuri määrä johtunee siitä, että silmien likinäköistyminen koetaan tänä päivänä maailmanlaajuisesti ongelmaksi, joka on voimakkaasti lisääntynyt viime vuosikymmenien aikana. Tämän vuoksi pidimme aihetta mielenkiintoisena ja ajankohtaisena. Työtä tehdessä kävimme läpi useita aiempia tutkimuksia ja vertailimme niistä saatuja tuloksia omiin tuloksiimme.

## 2 Myopia

Likinäköisessä silmässä akkommodaation ollessa rentoutettuna suorat valonsäteet taivutuvat verkkokalvon eteen tuottaen epätarkan kuvan verkkokalvon tasolla. Myopia voidaan luokitella joko aksiaaliseen tai refraktiiviseen muotoon. Aksiaalisessa myopiasa silmän pituus on liian suuri silmän taittovoimaan nähden. Refraktiivisessa myopiasa silmässä on liikaa taittovoimaa sen pituuteen nähden. Myooppisessa silmässä valo saadaan taivutamaan verkkokalvolle miinusmerkkisellä linssillä. (Grosvenor 2007: 13 – 14.)

Suomessa 1900-luvulla noin 1 - 2 % lapsista oli likinäköisiä 7-vuoden iässä. Kuitenkin 1900-luvun loppupuolella myopian esiintyvyys oli kaksinkertaistunut noin 15-vuotiailla verrattuna samaan ikäryhmään 50 vuotta aikaisemmin. (Pärssinen 2012: 4.) 1900-luvun loppupuolen tutkimusten mukaan 14 - 15 -vuotiailla oli lähes saman verran myopiaa kuin vuosisadan alkupuolella noin 20-vuotiailla lukion viimeisellä luokalla olevilla (22.8 % vs. 24.3 %) oppilailla oli ollut. Yleisesti myopian esiintyvyys lisääntyi Suomessa 1900-luvulla ja koululaisilla myopian kehittyminen on siis jonkin verran aikaistunut. (Pärssinen 2009: 496.)

Myopia on yleinen maailmanlaajuinen ongelma. Länsimaissa sitä esiintyy noin 20 - 25 %:lla väestöstä ja Aasiassa, kuten Taiwanissa ja Singaporessa, esiintyvyys on jopa 90 %. Myopian kehittyminen on monimuotoinen prosessi ja olisi mielenkiintoista tietää onko sen kehittymisen syynä perinnöllisyys vai ympäristötekijät. (Kim - Zhao - Kim - Lim - Song - Guallar - Cho - Sung - Chung - Chung 2013.)

### 2.1 Kehitys

Vastasyntyneillä, erityisesti niillä, joiden syntymäpaino on ollut hyvin pieni, on usein todettu olevan suuri myopia (Fletcher - Brandon 1955). Yleensä tämä myopia vähenee ensimmäisten elinkuukausien aikana. Monet näistä vastasyntyneistä ovat emmetrooppeja yhden vuoden iässä, ellei mitään muita poikkeavuuksia kehity (Scharf - Zonis - Zeltzer 1975; Yamamoto - Tatsugami - Bun 1979). Suurimmassa osassa tapauksista taittovirheen muutos on lineaarinen kuudesta tai seitsemästä ikävuodesta yhteentoista ja kahteentoista ikävuoteen saakka. Suurin osa lapsista, joiden refraktio on 0 - +0.49 dpt, tulee olemaan myooppisia 13 - 14 -vuotiaina. Lapset, jotka ovat myooppisia 5 - 6 -

vuotiaina tulevat olemaan vielä enemmän myooppisia samassa iässä. (Hirsch 1955.) Tutkimuksissa on havaittu, että koululaisten keskuudessa suurimmat taittovirheen muutokset ovat myoopeilla (Hofstetter 1954).

Yleisimmin myopia puhkeaa kouluiässä, 7 - 12 -vuotiaina. Tytöillä se alkaa keskimäärin kaksi vuotta poikia aikaisemmin. (Hirsch 1963.) Kun myopia puhkeaa lapsuudessa, se kasvaa yleensä teini-iän loppuun saakka (Goss 1991).

## 2.2 Myopiaan vaikuttavat tekijät

Silmän aksiaalinen pituus on yksi myopiaan eniten vaikuttavista tekijöistä. Lapsuudessa silmän aksiaalinen pituus kasvaa ja taittovoima lisääntyy mykiössä ja sarveiskalvolla. Silmän aksiaalisen pituuden kasvu lisää lasiaisen syvyyttä, joka aiheuttaa taittovirheen muutoksen likinäköisempään suuntaan, kun taas mykiön ja sarveiskalvon taittovoiman vähentyminen muuttaa taittovirhettä kaukotaittoisempaan suuntaan (Erickson 1991). Myopia kehittyy, kun silmän aksiaalisen pituuden kasvun vaikutus taittovoimaan ylittää mykiön ja sarveiskalvon taittovoiman laskun vaikutuksen (Sorsby - Leary 1970). Emmetroopeilla ja hyperoopeilla silmän aksiaalisen pituuden kasvu lakkaa varhaisteini-iässä, mutta myoopeilla se jatkuu teini-iän loppuun asti (Larsen 1971; Sorsby - Benjamin - Sheridan 1961).

Koulutuksen ja lähityön määrän on havaittu olevan yhteydessä korkeampaan myopiaan. Useat tutkimukset osoittavat, että ryhmänä myoopit viettävät enemmän aikaa lukimassa tai lähityöskentelyssä. Heillä on useimmin työ, joka vaatii lähityötä. Heillä on parempi lukutaito ja he ovat korkeammin koulutettuja, kuin ei-likinäköiset. (Angle - Wissman 1978; Baldwin 1964; Baldwin 1981; Bear 1991; Bear - Richler - Burke 1981; Curtin 1985; Goldschmidt 1968; Grosvenor 1977; Morgan 1967; Nadell - Weymouth - Hirsch 1975; Paritsis - Sarafidou - Koliopoulos - Trichopoulos 1983; Richler - Bear 1980; Teasdale - Fuchs - Goldschmidt 1988; Young 1955; Young 1977.) Pärssisen, Hemminkin ja Klemettin (1989) tutkimuksessa saatiin tulokseksi, että mitä enemmän lapsi teki lähityötä, sitä nopeammin myopia kehittyi. Myopian kehittyminen ei korreloinut positiivisesti akkommodaation kanssa, mutta mitä lyhyempi keskiverto lukuetaisyys oli sitä nopeammin myopia kehittyi. Tutkimuksen mukaan, myopian kehittymiseen vaikutti lähityön määrä ja lyhyt lukuetaisyys, mutta kehitystä ei voida hidastaa pienentämällä akkommodaation tarvetta lukemalla ilman laseja tai kaksiteholasien kanssa. (Pärssinen - Hemminki - Klemetti 1989.)

Silmänsisäisen paineen on huomattu vaikuttavan myopian kehittymiseen. Jensen (1992) tutki 47 lapsen silmänpaineen vaikutusta heidän myopian kehittymiseensä kahden vuoden ajan. Lapsilla, joiden silmänpaine oli yli 16 mmHg, kehittyi myopiaa 0.46 dpt enemmän kuin lapsilla, joiden silmänpaine oli alle 16 mmHg. Tulokset olivat tilastollisesti merkittäviä. Jensen huomasi myös, että lapsilla, joilla oli pigmenttisirppi näköhermonpään ympärillä, oli myopian kehitys suurempaa, kuin lapsilla, joilla ei ollut silmänpohjan muutoksia. (Jensen 1992.)

Foriat saattavat vaikuttaa myopian kehittymiseen. Myopian kehitys on vähäisintä lapsilla, joiden lähiforia on normaali, vähän suurempaa, jos heillä on suuri exoforia ja huomattavasti suurempi, jos lapsella on lähi-esoforia. (Goss 1990; Roberts - Banford 1963; Roberts - Banford 1967.) Liiallinen esoforia tai korkea AK/A -arvo voivat rajoittaa akkommodaatiota ja siten saada silmän hyperooppiseen tilaan lähityöskentelyn yhteydessä. Yksi keino adaptoitua tähän on silmän myopisoituminen. (Gwiazda - Grice - Held - McLellan- Thorn 2000.)

Myös perinnöllisyyden vaikutuksesta myopian kehittymiseen on tehty tutkimuksia. Korealaisen kaksostutkimuksen mukaan sfäärinen ekvivalentti ja silmän biometriset mitat ovat erittäin periytyviä (sfäärinen ekvivalentti 78 %, aksiaalinen pituus 86 %, kammiokulman syvyys 83 % ja sarveiskalvon astigmatia 70 %) (Kim - Zhao - Kim - Lim - Song - Guallar - Cho - Sung - Chung - Chung 2013). Eräässä tutkimuksessa on esitetty, että geenit (PAX6, rs644242) saattavat vaikuttaa myopian syntyyn (Tang - Rong - Youq - Tam - Pang - Chen 2014).

Astigmatian toiminnallisesta merkittävydestä, etenkin sen roolista emmetropisaatioon ja myopian kehittymiseen ei tiedetä kovinkaan paljoa. Tiedetään kuitenkin, että astigmatiaa esiintyy enemmän vastasyntyneillä ja nuorilla lapsilla kuin aikuisväestöllä. (Gwiazda - Grice - Held - McLellan- Thorn 2000.) On kuitenkin ehdotettu, että korjaamattomalla astigmatialla lapsuudessa voisi olla vaikutusta myös myopian kehittymiseen (Fulton - Hansen - Petersen 1982). Yksi mahdollinen syy voisi olla sylinterivoimakkuuden aiheuttama epätarkkuus, joka lapsuusiässä edesauttaa signaalin syntyä aivoissa, joka joko vähentää tai lisää sfääristä voimakkuutta emmetropisaatiossa (Gwiazda ym. 2000).

Vastasyntyneillä, joilla on säännönvastaista astigmatiaa yhdistettynä negatiiviseen sfääriseen ekvivalenttiin, on todettu myopian kehittyvän aikaisemmin kouluiässä kuin



niillä, joilla on vastasyntyneenä säännönmukaista astigmatiaa tai ei astigmatiaa lainkaan (Gwiazda - Thorn - Bauer - Held 1993). Niillä, joilla on 5 - 6 -vuotiaana säännönvastaista astigmatiaa, on myöhemmin ennustettavissa myopiaa ja sen nopeampaa kehittymistä (Hirsch 1964; Grosvenor - Perrigin - Maslovitz 1987). On tutkittu, että mitä enemmän sylinterivoimakkuutta lapsella on vastasyntyneenä, sitä vähemmän positiivinen on sfäärinen ekvivalentti vuoden iässä. Se on vähemmän positiivinen myös 10 ikävuoden jälkeen. Lisäksi säännönvastaiseen astigmatiaan liittyy vähemmän hyperopiaa ja enemmän myopiaa seitsemän ikävuoden jälkeen kuin säännönmukaiseen astigmatiaan. Jos astigmatia on säännönvastaista vastasyntyneenä, pysyy se yleensä säännönvastaisena. Ne, joilla on säännönmukaista astigmatiaa, muuttuu akselisuunta usein kouluiässä säännönvastaiseksi. (Gwiazda ym. 2000.)

### 2.3 Kehityksen hidastaminen

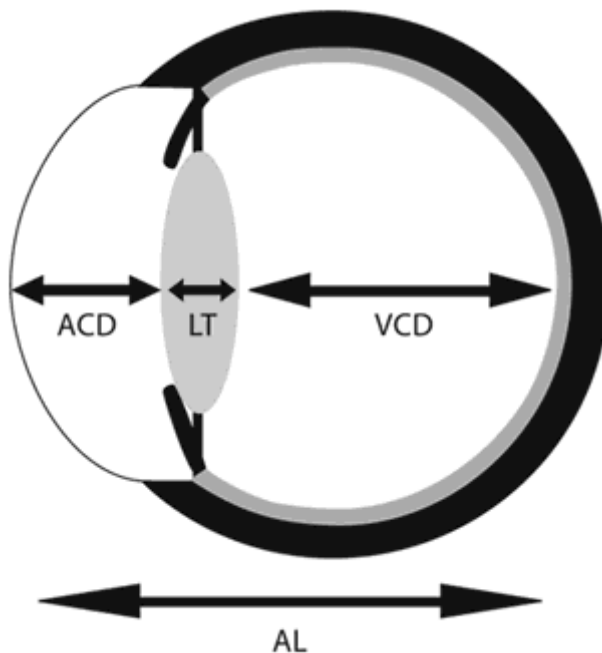
Myopian kehittymistä voidaan yrittää estää farmakologisesti tiputtamalla silmään atropiinia päivittäin. Tällä tavoin on saatu aikaan hyviä tuloksia. (Bedrossian 1979.) Hoito on kuitenkin epäsuosittu ja myopian kehittyminen saattaa kiihtyä hoidon lopettamisen jälkeen (Curtin 1972). Atropiinin käytöllä on useita huonoja puolia ja sivuvaikutuksia esimerkiksi totaalinen sykloplegia, valonarkuus mydriaasin takia ja mahdolliset allergiat (Jaanus 1989). On ehdotettu, että atropiinin käytön hidastava vaikutus myopian kehitykseen johtuu pikemminkin sen vaikutuksesta retinaan kuin sykloplegiasta (McBrien - Moghaddam - Reeder 1993). Vaikka silmänpaineen on todettu lisäävän myopian kehitystä, ei silmänpainetta alentavan lääkkeen käyttö hidasta myopian kehitystä (Jensen 1991).

Kovat piilolinssit voivat hidastaa myopian kehittymistä loiventamalla sarveiskalvoa, vaikka silmä kasvaisikin aksiaalisesti. Tutkimuksissa on osoitettu, että tämä on tehokas tapa, jos piilolinssejä käytetään jatkuvasti. (Goss 1998: 58.)

On tehty useita tutkimuksia siitä, miten kaksiteholasien käyttö lapsilla saattaa hidastaa myopian kehitystä. Tutkimusten tulokset ovat kuitenkin vaihdelleet paljon. Tuloksien vaihtelevuutta voidaan selittää otoksien, kriteerien, linssityypin ja sen käytön erilaisuudella. (Goss 1998: 58 - 62.) Todennäköisimmin kaksiteholasit voivat hidastaa myopian kehittymistä lapsilla, joilla on esoforiaa (Goss 1986; Goss - Grosvenor 1990; Roberts - Banford 1963; Roberts - Banford 1967).

### 3 Silmän biometriset mitat

Aksiaalinen pituus on suurin tekijä, joka vaikuttaa siihen kehittykö silmästä myooppi-nen. Etukammion syvyys, mykiön paksuus sekä lasiaistilan syvyys muodostavat yh-dessä silmän aksiaalisen kokonaispituuden (ks. kuvio 1). Myopia on yleensä seurausta silmän, erityisesti lasiaisen liiallisesta pituuskasvusta. (Morgan - Ohno-Matsui - Saw 2012: 1739.) Syntyessä silmän aksiaalinen pituus on noin 17 mm ja emmetroopeilla aikuisilla noin 24 mm. Myoopeilla se on yleensä keskimääräistä pidempi. Jokainen 1 mm muutos pituudessa vaikuttaa silmän taittovoimaan noin 2.5 dpt. (Millodot 2009.)



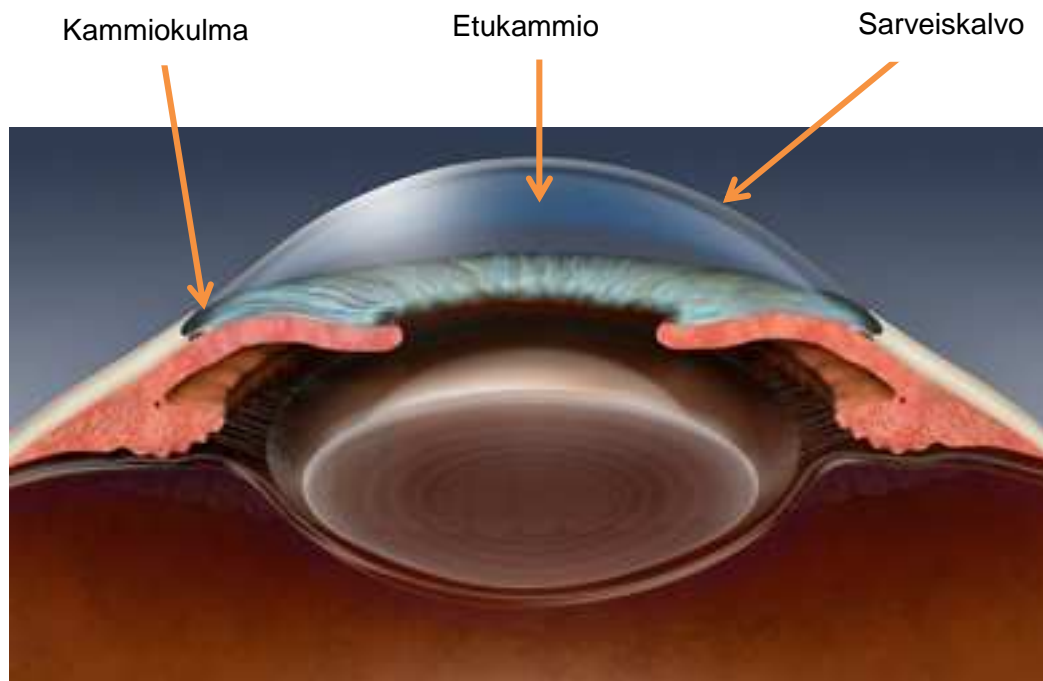
Kuvio 1. Silmän aksiaalinen pituus. AL = Aksiaalinen pituus, ACD = Etukammion syvyys, LT = Mykiön paksuus, VCD = Lasiaisen syvyys (Meng, Butterworth, Malecaze ja Calvas 2011: 130).

Etukammio (ks. kuvio 2) on silmän etuosassa oleva kammionesteen täyttämä osio. Se rajoittuu edessä sarveiskalvoon sekä pieneen osaan kovakalvoa kammiokulmassa ja takana värikalvon etuosaan sekä pupilliaukon kohdalla olevaan osaan mykiöstä. (Forrester - Dick - McMenamin - Lee 1999: 30.) Etukammion syvyys on hiukan isompi miehillä kuin naisilla. Keskimääräinen syvyys on aikuisilla noin 3.25 mm. Myoopeilla kasvu jatkuu tämän jälkeenkin. (Goes 1982.) Jokaista dioptriaa kohden etukammion syvyys kasvaa 0.06 mm (Majumder 2008 - 2013). Etukammion tilavuuden keskiarvo vaihteli eri lähteissä välillä 116 - 250 mm<sup>3</sup> (The anterior segment n.d; Solomon 2002; Forrester

ym. 1999: 30; Goes 1982; Labiris - Gkika - Katsanos - Fanariotis - Alvanos - Kozobolis 2009; Majumder 2008 - 2013).

Kammiokulma (ks. kuvio 2) sijaitsee etukammion kehällä sarveiskalvon ja kovakalvon välissä, värikalvon juurella sädekehän etupuolella (Kyprowski - Wróbel - Wilczyński - Nowińska - Wylęgała 2013). Sen suuruus on terveessä silmässä noin 30 astetta yläpuolen ollessa yleensä matalampi. Kulman suuruuteen vaikuttavat sukupuoli, ikä ja taittovirhe. (Rüfer - Schröder - Klettner - Frimpong-Boateng - Roider - Erb 2010.)

Sarveiskalvo (ks. kuvio 2) muodostaa yhdessä kovakalvon kanssa silmää suojaavan kuoren (Forrester ym. 1999: 14). Niiden väliin jää limbus. Sarveiskalvon etupintaa peittää kyynelfilmi ja takapintaa puolestaan huuhtoo kammioneste. Läpinäkyvyys ja fyysinen suoja silmälle ovat sarveiskalvon tärkeimpiä ominaisuuksia. Lisäksi se muodostaa yksinään jopa 2/3 koko silmän koko taittovoimasta, 40 - 44 dpt. (Krachmer - Mannis - Holland 2011.) Sarveiskalvo on vertikaalisuunnassa 10.6 mm ja horisontaalisuunnassa 11.7 mm. Sen paksuus on keskellä 0.52 mm ja reunoilla 0.67 mm. Kaarevuus on keskellä säännöllinen, 7.8 mm. (Forrester ym. 1999: 14.) Kaarevuus on keskellä suurin ja loivenee siitä reunoja kohden. Sarveiskalvon optisen osan keskellä kaarevuussäde on 7.5 - 8.0 mm. Tässä kohtaa sarveiskalvon pinta on lähes sfäärinen. (Krachmer ym. 2011.)



Kuvio 2. Silmän etuosan anatomia. (The Fred Hollows Foundation NZ 2005)

#### 4 Tutkimuksen tausta

Tämä tutkimus aloitettiin tutkimalla 240 myooppista koululaista, 119 poikaa ja 121 tyttöä. Heidät tutkittiin vuosina 1983 - 1984. (Hemminki - Pärssinen 1987.) Koululaiset kolmannelta tai viidenneltä luokalta, joilla oli huono kaukonäkö, lähetettiin oftalmologiseen tutkimukseen. Pääkriteerinä tutkimukseen osallistumiselle oli, että sfäärinen refraktio oli  $> -3.0$  dpt, astigmatismia  $\geq -2.0$  dpt, sfäärinen ekvivalentti  $\geq -3.0$  dpt, eikä henkilöllä ollut silmänsairauksia tai aikaisempia miinuskaseja. Vuosittaiset tutkimukset tehtiin kolmena vuotena peräkkäin (seurantakerrat 1, 2 ja 3). Kolmas seuranta tehtiin 238 henkilölle iän ollessa keskimäärin 13.9 vuotta. (Pärssinen - Lyyra 1993.) Seuraava tutkimuskerta oli 13 vuotta tutkimuksen aloittamisesta ja osallistujia oli 179 (74.6 %). Keskimääräinen ikä oli tuolloin 23.7 vuotta. Viimeiset tutkimukset tehtiin 134:lle (55.3 %) henkilölle iän ollessa keskimäärin 34,7 vuotta. Neljätoista (5.8 %) niistä, jotka eivät osallistuneet viimeisimpään tutkimukseen, asuivat ulkomailla tai heidän osoitteitaan ei löydetty ja seitsemässä (2.9 %) tapauksessa osallistumisen esteenä olivat kiireelliset työaikataulut. Jäljellejääneistä ei-osallistuneista vain 16 (6.6 %) asui 100 km:n säteellä tutkimuskeskuksesta. Kaikki tutkimukset teki sama silmälääkäri Olavi Pärssinen. Kaksi henkilöä kuoli tutkimusten välillä ja heidän tietonsa liitettiin viimeisimmän tutkimuskerran tietoihin. Seitsemässätoista tapauksessa oli suoritettu refraktiivinen kirurgia tutkimuksen aikana. Näissä tapauksissa viimeinen refraktio ennen leikkausta huomioitiin heidän viimeisenä refraktionaan. Keratoconus diagnosoitiin kahdella henkilöllä, joten heidän tuloksensa jätettiin pois. Yhdellä henkilöllä lapsuuden sfäärinen ekvivalentti  $-3.00$  dpt ja  $-2.75$  dpt olivat muuttuneet hyperooppiseksi  $+1.13$  dpt ja  $+0.25$  dpt. Tällä henkilöllä oli kilpirauhasen vajaatoiminta ja sarkoidoosi. Hän käytti kortisonia, tyroksiiinia ja kalsium lääkitystä ja siksi myös tämän henkilön tulokset poistettiin. Tutkimuksen hyväksyi Suomen keskussairaalan eettinen komitea. (Pärssinen 2000a; Pärssinen 2000b.)

Opinnäytetyömme koostuu viimeisellä tutkimuskerralla kerätystä tiedosta ja niiden analysoinnista. Otoksen kooksi jäi 118 henkilöä, 54 miestä ja 64 naista. Miesten sfääristen ekvivalenttien keskiarvo oli  $-4.7728$  dpt ja naisten  $-5.0898$  dpt. Aluksi subjektiivinen refraktio tehtiin sumutusmenetelmällä. Kahtena viimeisenä tutkimuskertana laitettiin yksi tippa 1 % syklopentolaatti-hydrokloridia oikeaan silmään ja yksi tippa 0.5 % tropikamidia vasempaan silmään (vältettiin pitkäaikaista binokulaarista sykloplegiaa). Refraktio varmistettiin vielä puna-viherä -testin avulla. Tavanomaiseen silmälääkärin tarkastukseen kuului vielä esimerkiksi mikroskopiointi, oftalmoskopiointi ja biometrinen

arvojen mittausta sekä silmänpaineen mittausta. Silmän etuosan biometriset mittaukset tehtiin Pentacam(Oculus) laitteella ja silmän aksiaalinen pituus mitattiin IOL-masterilla. (Pärssinen 2000a; Pärssinen 2000b.)

## 5 Tutkimustuloksia ja analysointia

Käytimme aineiston analysoinnissa kvantitatiivisen tutkimuksen keinoja. Valintamme perustui aineiston laajuuteen ( $n = 118$ ) sekä sen numeraaliseen esitystapaan. Lisäksi aineiston avulla oli tarkoitus selvittää tietyn otoksen perusteella myopiaan vaikuttavia tekijöitä, joiden avulla myopiaa ja sen kehittymistä voitaisiin selittää myös laajemmin väestössä. Aineiston analysointi tehtiin SPSS-ohjelmalla (Statistical Package for the Social Sciences). Analysoimme aineistoa ainoastaan oikean silmän osalta, koska oikean ja vasemman silmän biometriset arvot olivat lähes samanlaiset.

Kvantitatiivisella eli määrällisellä tutkimuksella selvitetään lukumääriin ja prosentiosuuksiin liittyviä kysymyksiä. Tutkittavaa ilmiötä kuvataan numeerisen tiedon pohjalta ja tuloksien havainnointiin voidaan käyttää taulukoita ja kuvia. Kvantitatiivisella tutkimusmenetelmällä pyritään usein myös selvittämään eri muuttujien välisiä riippuvuuksia tai ilmiössä tapahtuneita muutoksia. Määrällisissä tutkimuksissa aineistosta saatuja tuloksia pyritään yleistämään tutkittuja havaintoyksiköitä laajempaan joukkoon. Apuna käytetään yleensä tilastollisen päättelyn keinoja. (Heikkilä 1998: 16.)

Selvitimme muuttujien välisiä yhteyksiä käyttäen Pearsonin korrelaatiokerrointa, jolla voidaan selvittää kahden muuttujan välistä riippuvuutta. Korrelaatiokerroin ( $r$ ) voi saada arvoja  $-1:n$  ja  $+1:n$  välillä ja kertoimen arvo  $0$  kertoo, että muuttujien välillä ei ole riippuvuutta. Korrelaatiokertoimen etumerkki kertoo muuttujien välisen riippuvuuden suunnan (pieneneekö vai suureneeko toinen muuttuja toisen kasvaessa). (Heikkilä 1998: 204 - 205.) Korrelaatio on voimakas, kun  $r > 0.6$ . Korrelaatio on kohtalainen, kun  $0.3 \leq r \leq 0.6$ . Korrelaatio on heikko, kun  $r < 0.3$ .

Tulosten tilastollisen merkitsevyyden arviointiin on käytetty  $0.01$  ( $1\%$ ) tasoa. Merkitsevyystaso eli riskitaso kertoo, kuinka suuri riski on, että saatu tulos johtuu sattumasta. Merkitsevyydestä käytetään lyhennettä  $p$ . Tulokset ovat tilastollisesti merkitseviä, kun  $p < 0.01$ . Tulokset ovat tilastollisesti melkein merkitseviä, kun  $p < 0.05$ . (Heikkilä 1998: 194 - 195.)

## 5.1 Sfäärinen ekvivalentti ja silmän biometriset mitat

Työssämme analysoimme seuraavia silmän biometrisia mittoja: silmän aksiaalinen pituus (mm), sarveiskalvon taittovoima (dpt), sarveiskalvon paksuus ( $\mu\text{m}$ ), sarveiskalvon eksentrisyys (mm), etukammion syvyys (mm), etukammion tilavuus ( $\text{mm}^3$ ) ja kammiokulma (astetta) sekä lisäksi sfääristä ekvivalenttia (dpt) ja astigmatiaa (dpt). Mittaustuloksista selvitimme korrelaatiokertoimet sfäärisen ekvivalentin ja silmän biometristen arvojen välillä. Kaikki biometriset mitat eivät korreloineet sfäärisen ekvivalentin kanssa. Otimme korreloivista arvoista keskiarvot (ks. taulukko 1). Vertailimme keskiarvoja sekä korrelaatioita miesten ja naisten välillä. Lisäksi selvitimme korrelaatiot säännönmukaisen ja säännönvastaisen astigmatian sekä sfäärisen ekvivalentin välillä.

	Naiset	Miehet	Kaikki
Sfäärinen ekvivalentti (dpt)	-5,09	-4,77	-4,94
Silmän aksiaalinen pituus (mm)	25,22	25,49	25,35
Etukammion syvyys (mm)	3,63	3,74	3,68
Astigmatia (dpt)	-1,12	-0,84	-0,99
Sarveiskalvon eksentrisyys (mm)	0,39	0,36	0,38
Sarveiskalvon paksuus ( $\mu\text{m}$ )	526,06	533,46	529,51
Kammiokulma (astetta)	36,77	39,66	38,12
Sarveiskalvon taittovoima, horisontaali (dpt)	43,29	43,14	43,22
Sarveiskalvon taittovoima, vertikaali (dpt)	44,22	43,67	43,96

Taulukko 1. Tutkimusaineistossa mitattujen biometristen mittojen keskiarvot.

### 5.1.1 Sfäärisen ekvivalentin korrelaatio sarveiskalvon taittovoimaan, keskipaksuuteen ja eksentrisyyteen nähden

Aikaisempien tutkimustulosten perustella myoopeilla on hyperooppia ja emmetrooppia jyrkemmät sarveiskalvot. Mitä suurempi myopian määrä on, sitä voimakkaampi korrelaatio on silmän taittovirheen ja sarveiskalvon kaarevuuden välillä. AlMahmoud ym. havaitsivat sarveiskalvon taittovoiman nousevan 0.11 dpt jokaista silmän taittovirheen dioptriaa kohden. Tutkimuksissa havaittiin naisilla olevan voimakkaammin valoa taittavat sarveiskalvot kuin miehillä. (AlMahmoud – Priest – Munger – Jackson 2011; Carney – Mainstone – Henderson 1997; Ganguli – Roy – Biswas – Sengupta 1975.)

Aineistostamme ei löytynyt tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota sfäärisen ekvivalentin ja sarveiskalvon voimakkuuden väliltä ( $r = -0.133$ ,  $p = 0.154$ ). Sukupuolten väliltä kuitenkin löytyi samanlainen ero kuin aikaisemmissa tutkimuksissa oli todettu.

Sarveiskalvon paksuuden vaikutuksesta sfääriseen ekvivalenttiin on tehty useita tutkimuksia. Tulokset ovat kuitenkin olleet ristiriitaisia. (Uçakhan - Gesoğlu - Ozkan - Kanpolat 2008; Fam - How - Baskaran - Lim - Chan - Aung 2006.) Iranilaisen tutkimuksen mukaan sarveiskalvon paksuus ei vaikuta merkitsevästi sfääriseen ekvivalenttiin. Ohuimmat sarveiskalvot löydettiin kuitenkin vahvoilta myoopeilta. (Hashemi - Falavarjani - Aghai - Aghdam - Gordiz 2013.) Murata ym. saamien tutkimustuloksien mukaan myoopeilla on ohuimmat sarveiskalvot kuin hyperoopeilla (myoopeilla keskimäärin  $533.33 \mu\text{m}$  ja hyperoopeilla  $550.52 \mu\text{m}$ ) (Murata - Mallmann - Yamazaki - Campos 2007). Aineistostamme ei löytynyt tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota sfäärisen ekvivalentin ja sarveiskalvon paksuuden välillä ( $r = 0.115$ ,  $p = 0.218$ ).

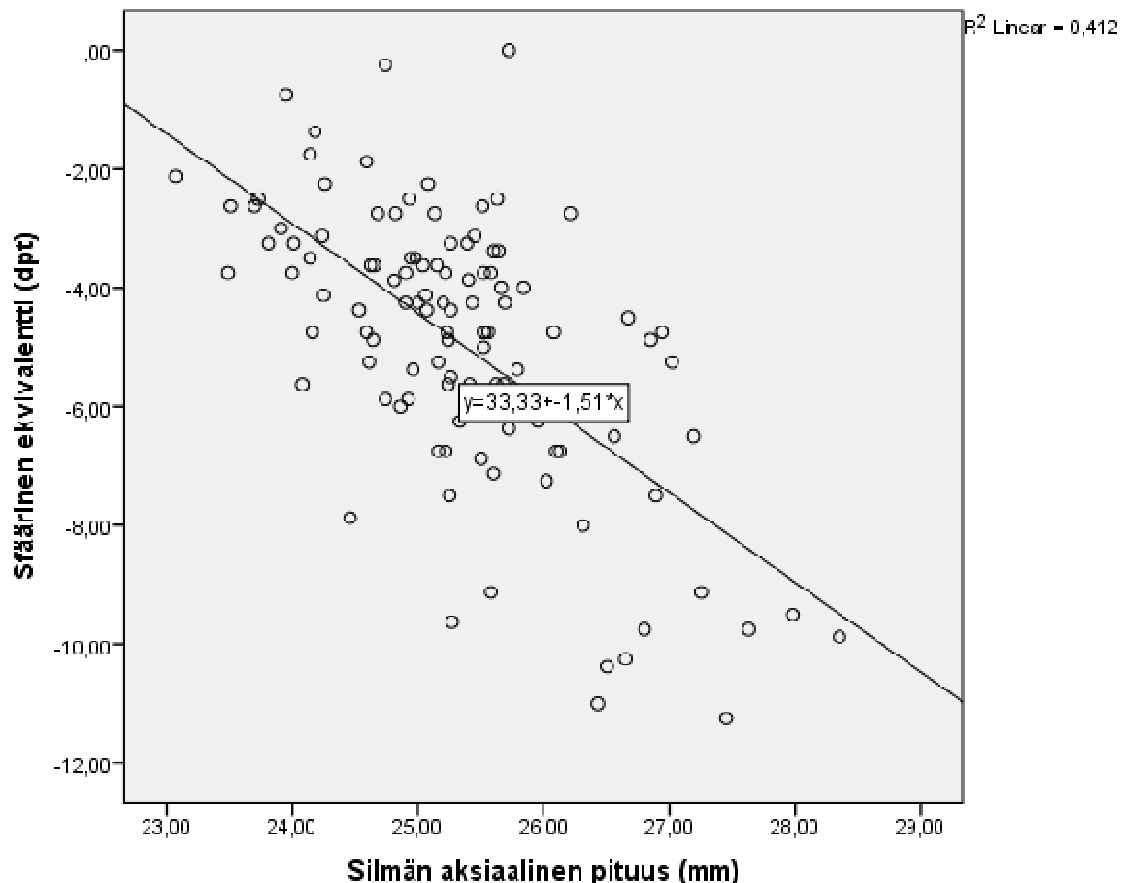
Myöskään sarveiskalvon eksentrisyys ei tässä tutkimuksessa korreloinut sfäärisen ekvivalentin kanssa ( $r = -0.034$ ,  $p = 0.720$ ). Muissa lähteissä sarveiskalvon eksentrisyys näyttäisi kuitenkin korreloivan negatiivisesti myopian kanssa. Iranissa 2012 keski-ikäiselle tutkimusjoukolle tehdyssä tutkimuksessa eksentrisyys lisäsi myopiaa. (Asgari - Hashemi - Mehravaran - Khabazkhoob - Emamian - Jafarzadehpur - Shariati - Fotouhi 2013.) Myös American Academy of Optometryn 2008 julkaiseman tutkimuksen mukaan tällainen korrelaatio voisi olla olemassa (Mountford 1997). On jopa esitetty teoria, jonka mukaan  $0.1 \text{ mm}$  muutos sarveiskalvon eksentrisyydessä lisäisi myopiaa  $0.5 \text{ dpt}$ . Tämä teoria on kuitenkin kiistan alainen. (Marsden - Joe - Edrington 1994.)

### 5.1.2 Sfäärinen ekvivalentti ja silmän aksiaalinen pituus

Tutkimusaineistossamme oikean silmän aksiaalisen pituuden keskiarvo oli  $25.3492 \text{ mm}$  vaihteluvälin ollessa  $23.07 - 28.35 \text{ mm}$ . Naisilla keskiarvo oli  $25.2248 \text{ mm}$  keskihajonnan ollessa  $0.87545 \text{ mm}$ . Miehillä vastaava keskiarvo oli  $25.4947$  keskihajonnan ollessa  $1.05694 \text{ mm}$ . Naisten ja miesten keskiarvojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ( $p = 0.137$ ). Aiemmissa tutkimuksissa on saatu yhteneviä tuloksia henkilön pituuden ja silmän pituuden välillä niin, että pidemmällä ihmisillä on pidempi silmän aksiaalinen pituus (Teikari 1987; Johansen 1949). Tulokset voisivat ainakin osaltaan selittää miesten ja naisten välistä eroa.



Sfäärinen ekvivalentti korreloi voimakkaasti negatiivisessa suhteessa silmän aksiaalisen pituuden kanssa ( $r = -0.642$ ,  $p = 0$ ) selitysarvon ollessa 0.412 (ks. kuvio 3). Eli aksiaalisen pituuden kasvaessa, sfäärinen ekvivalentti muuttuu negatiivisemmaksi ja 41.2 % sfäärisen ekvivalentin muutoksista selittyy tällä silmän aksiaalisen pituuden muutoksella. Sfäärisen ekvivalentin ja silmän aksiaalisen pituuden välillä oli miehillä voimakas negatiivinen korrelaatio ( $r = -0.742$ ,  $p = 0$ ) ja naisilla kohtalainen ( $r = -0.585$ ,  $p = 0$ ). Kaikki nämä tulokset olivat tilastollisesti hyvin merkitseviä.



Kuvio 3. Sfäärisen ekvivalentin ja silmän aksiaalisen pituuden korrelaation hajontakuvi.

Aiemmin tehdyt tutkimukset tukevat aineistomme tuloksia siinä, että aksiaalinen pituus vaikuttaa sfääriseen ekvivalenttiarvoon. Aksiaalisen pituuden lisääntyminen lisää myopian määrää. Mengin, Butterworthin, Malecazen ja Calvasin 2011 kokoamassa katsauksessa silmän aksiaalisen pituuden korrelaatio myopian kanssa oli vahvasti esillä. On esitetty, että myopian määrä olisi pieni silmän aksiaalisen pituuden ollessa noin 24 mm (taittovirhe +/- 0 - -6 dpt välillä) ja korkea (taittovirhe yli -6 dpt) pituuden ollessa noin 30 mm (Tron 1940). On tehty havaintoja, joiden mukaan aksiaalinen pituus selittäisi jopa

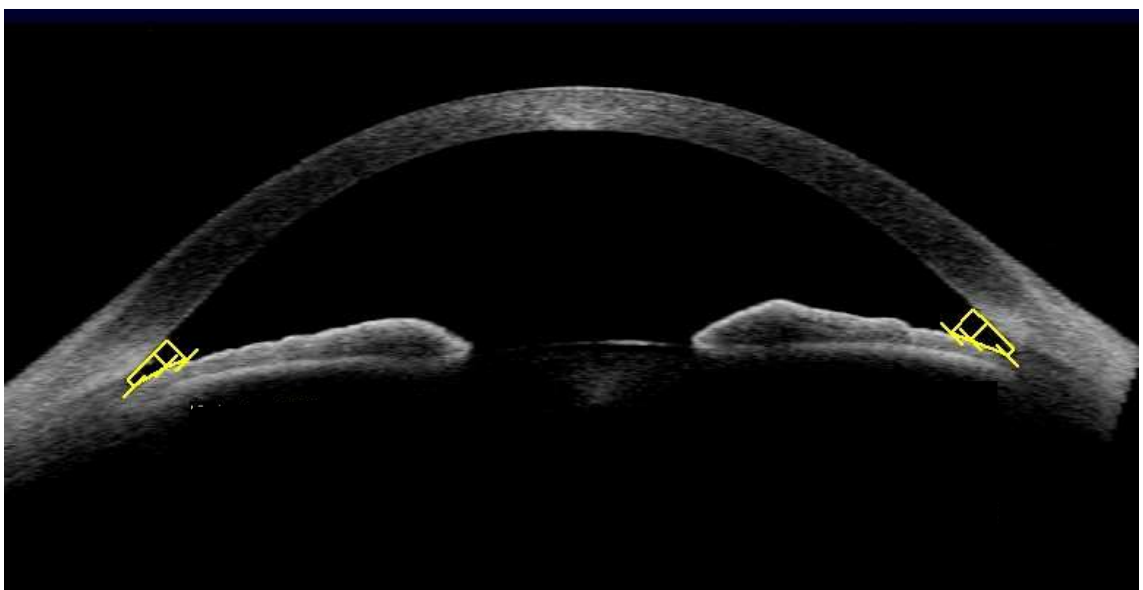
96 % refraktion vaihteluista populaatiossa, kun on tarkasteltu yhdessä mykiön ja sarveiskalvon taittovoimaa (Olsen - Arnarsson - Sasaki - Sasaki - Jonasson 2007). Eroavaisuuksia silmän aksiaalisessa pituudessa on havaittu myös eri ikäryhmien välillä. Aksiaalinen pituus näyttäisi olevan lyhyempi vanhemmilla ihmisillä. (Wong - Foster - Ng - Tielsch - Johnson - Seah 2001.)

### 5.1.3 Sfäärinen ekvivalentti ja kammiokulma

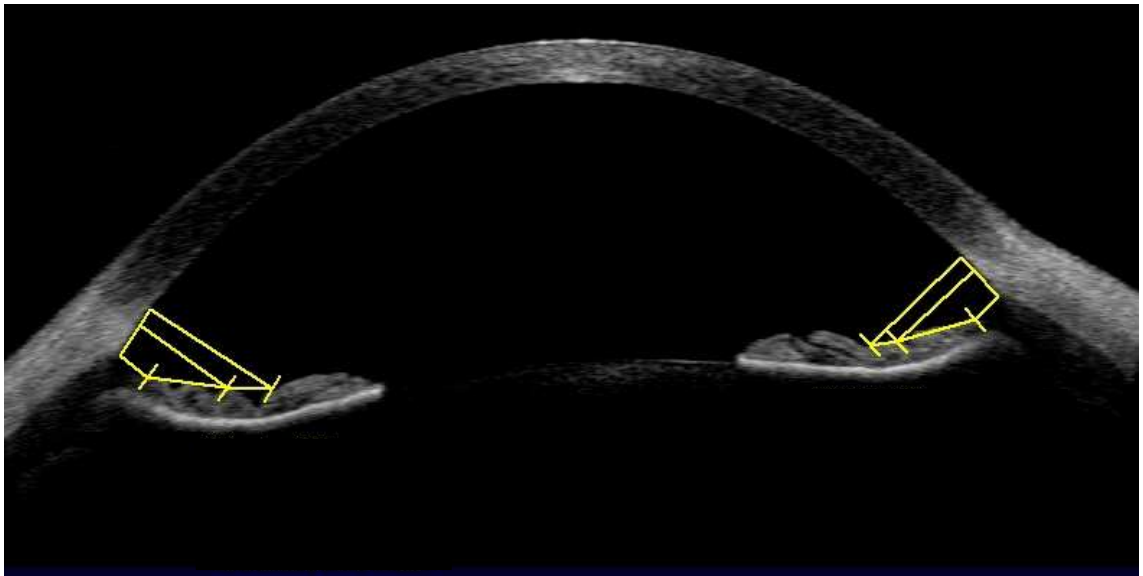
Kammiokulmamittatulosten keskiarvo oli 38.1155 astetta ja vaihteluväli 24.20 – 50.50 astetta. Miesten ja naisten välillä keskiarvoissa oli tilastollisesti melkein merkitsevä ero ( $p=0.005$ ). Miesten keskiarvo oli 39.6630 astetta keskihajonnan ollessa 5.45058 astetta. Naisten keskiarvo oli 36.7677 astetta keskihajonnan ollessa 5.48180 astetta.

Kammiokulman ja sfäärisen ekvivalentin väliltä löytyi tutkimuksessa melkein merkitsevä negatiivinen heikko korrelaatio ( $r = -0.195$ ,  $p = 0.036$ ). Eli kammiokulman kasvaessa sfäärinen ekvivalentti pieneni. Tässä naisten kohdalla ei kuitenkaan löytynyt tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota ( $r = -0.086$ ,  $p = 0.505$ ). Miesten kohdalla kohtalainen negatiivinen korrelaatio oli tilastollisesti merkitsevä ( $r = -0.385$ ,  $p = 0.004$ ).

Tutkimukset ovat osoittaneet, että myoopeilla on suurempi kammiokulma, kuin emmetroopeilla ja hyperoopeilla, mikä osittain selittää sen, että hyperoopeilla on suurempi riski saada ahdaskulma-glaukooma (Hashemi ym. 2013). Myopian määrä vaikuttaa kammiokulman suuruuteen niin, että suuremmilla myoopeilla on suurempi kammiokulma (ks kuvio 4 ja 5) (Orta-Arellano - Muñoz-Rodriguez - Salinas-Gallegos 2011).



Kuvio 4. Myoopin (-2.50 dpt) kammiokulma. (Orta-Arellano - Muñoz-Rodriguez - Salinas-Gallegos 2011)



Kuvio 5. Myoopin (-9.00 dpt) kammiokulma. (Orta-Arellano - Muñoz-Rodriguez - Salinas-Gallegos 2011)

#### 5.1.4 Sfäärinen ekvivalentti ja etukammion tilavuus

Silmän etukammion tilavuuden ja sfäärisen ekvivalentin väliltä löytyi tutkimuksessa melkein merkitsevä negatiivinen heikko korrelaatio ( $r = -0.190$ ,  $p = 0.041$ ). Eli etukammion tilavuuden kasvaessa sfäärinen ekvivalentti pieneni. Tässä naisten osalta ei saatu tilastollisesti merkitseviä tuloksia ( $r = 0$ ,  $p = 0.999$ ). Miesten kohdalla tulokset olivat tilastollisesti merkitseviä ja negatiivinen korrelaatio oli kohtalainen ( $r = -0.423$ ,  $p = 0.001$ ).

Etukammion tilavuuden keskiarvo oli  $193.3879 \text{ mm}^3$  ja vaihteluväli  $111.00 - 293.00 \text{ mm}^3$ . Naisten keskiarvo oli  $185.4194 \text{ mm}^3$  keskihajonnan ollessa  $27.68354 \text{ mm}^3$  ja miesten  $202.5370 \text{ mm}^3$  keskihajonnan ollessa  $35.77166 \text{ mm}^3$ .

Aikaisemmista tutkimuksista ei löytynyt yksiselitteistä keskiarvoa etukammion tilavuu-  
delle ja eri tutkimuksissa saadut keskiarvot näyttivät vaihtelevan melko paljon. Useim-  
missa kirjallisuuslähteissä keskiarvoksi ilmoitettiin  $250 \text{ mm}^3$ . (The Anterior Segment  
n.d.; Solomon n.d.; Forrester ym. 1999: 30.) Muita ehdotettuja arvoja olivat mm. 116

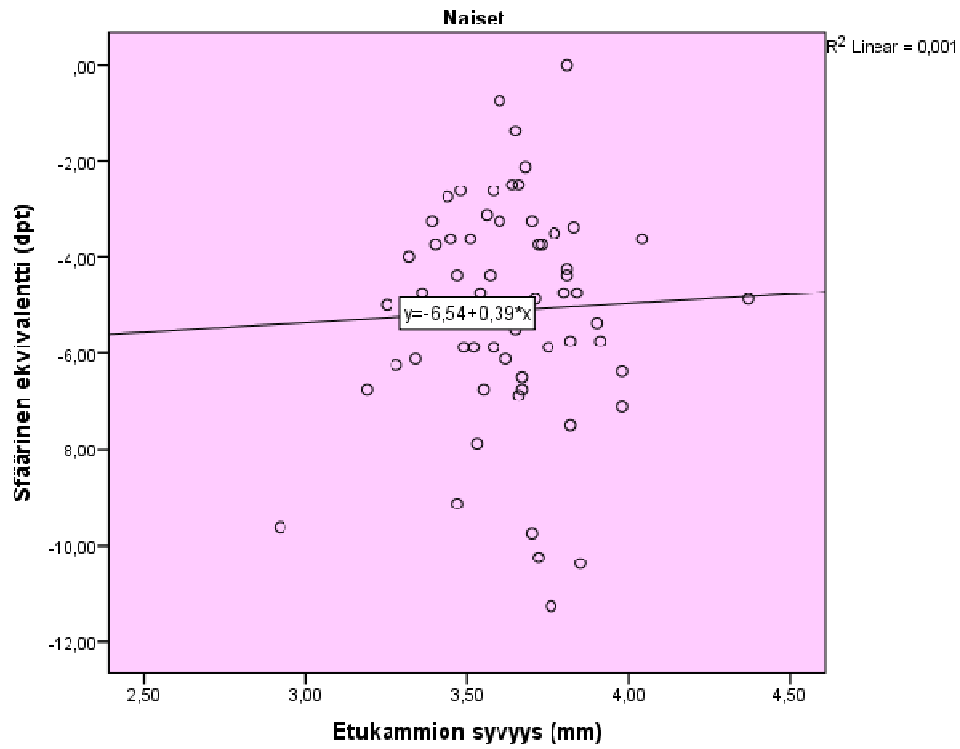
mm<sup>3</sup> (Goes 1982), 171 mm<sup>3</sup> (Labiris - Gkika - Katsanos - Fanariotis - Alvanos - Kozobolis 2009) ja 220 mm<sup>3</sup> (Majumder 2008 - 2013).

Tutkimuksista on käynyt ilmi, että myoopeilla etukammion tilavuus on suurempi kuin hyperoopeilla (Murata ym. 2007), ja mitä suurempi myopia on kyseessä, sitä suurempi on etukammion tilavuus (Hashemi ym. 2013). Aiemmat tutkimukset tukevat näin oman aineistomme tuloksia.

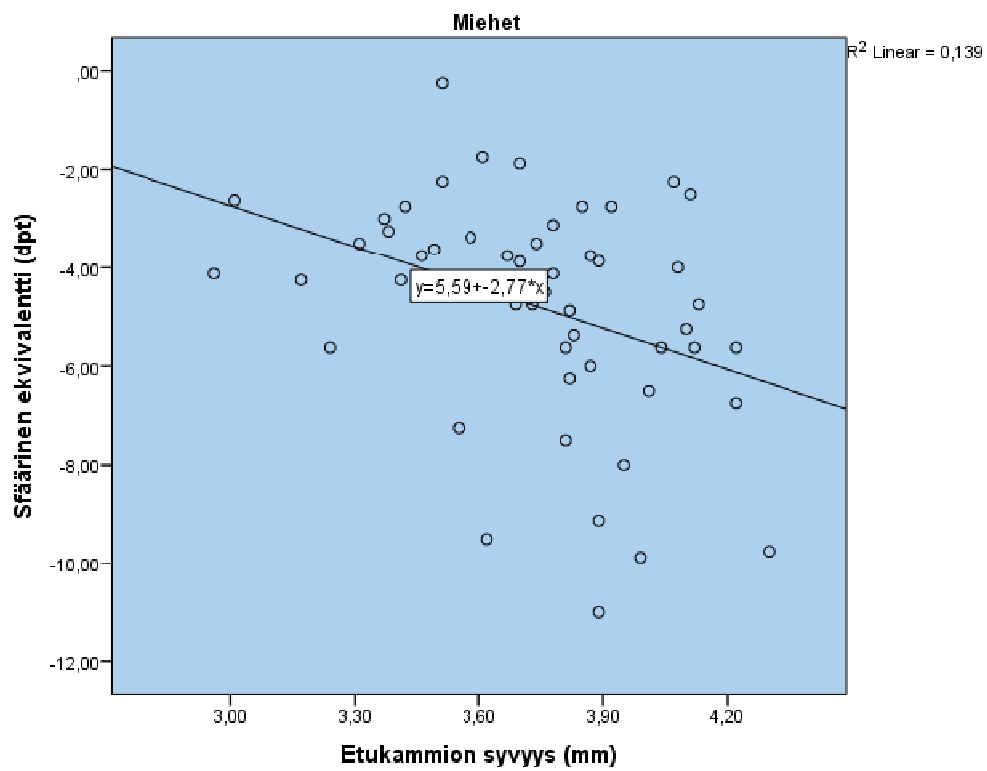
#### 5.1.5 Sfäärinen ekvivalentti ja etukammion syvyys

Aineistossamme etukammion syvyyden keskiarvo oli 3.6807 mm vaihteluvälin ollessa 2.92 - 4.37 mm. Naisilla keskiarvo oli 3.6325 mm keskihajonnan ollessa 0.22754. Miehillä vastaava keskiarvo oli 3.7362 mm keskihajonnan ollessa 0.30275 mm.

Sfäärisen ekvivalentin ja etukammion syvyyden välinen korrelaatio vaihteli tutkimuksessa miesten ja naisten välillä. Koko tutkimusjoukossa oli negatiivista korrelaatiota, mutta se ei ollut tilastollisesti merkitsevää ( $r = -0.164$ ,  $p = 0.078$ ). Naisten keskuudessa negatiivinen korrelaatio oli vielä paljon tätäkin pienempi ( $r = -0.027$ ,  $p = 0.836$ ) (ks. kuvio 6). Miesten sfäärinen ekvivalentti korreloi kohtalaisen negatiivisesti etukammion syvyyden kanssa ja tulos oli tilastollisesti merkitsevä ( $r = -0.382$ ,  $p = 0.004$ ) (ks. kuvio 7). Eli etukammion syvyyden kasvaessa sfäärinen ekvivalenttitarvo pieneni.



Kuvio 6. Naisten sfäärisen ekvivalentin ja etukammion syvyyden korrelaation hajontakuvi.



Kuvio 7. Miesten sfäärisen ekvivalentin ja etukammion syvyyden korrelaation hajontakuvi.

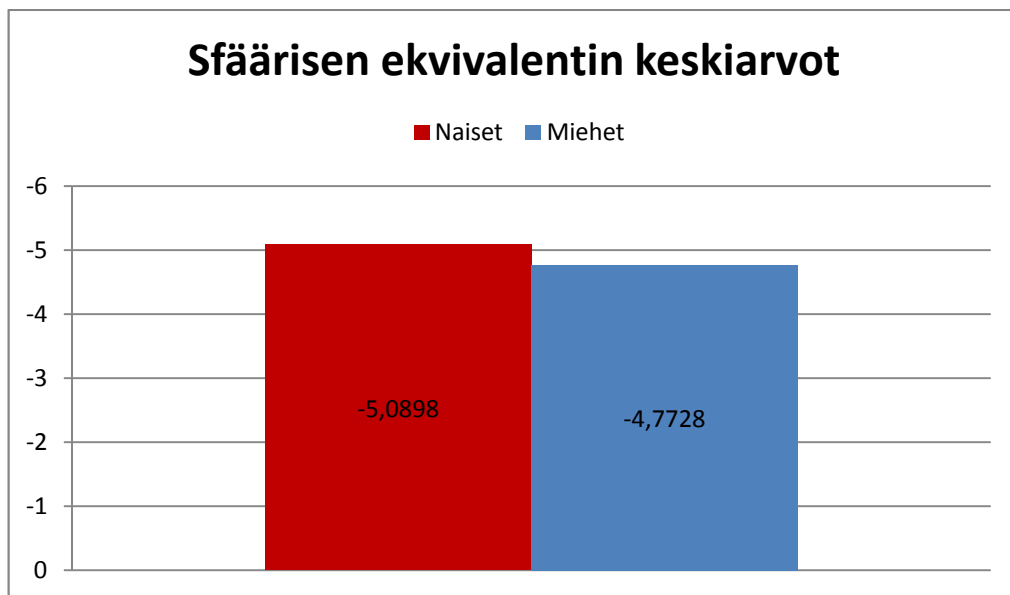
Aiemmissa tutkimuksissa etukammion syvyyden ja sfäärisen ekvivalentin välillä on havaittu kohtalaista negatiivista korrelaatiota. Kaikissa tutkimuksissa korrelaatio oli voimakkaampaa kuin omassa aineistossamme. Vuonna 2009 tehdyssä tutkimuksessa, jossa tutkittiin taiwanilaiskiinalaisia, löydettiin korrelaatio etukammion syvyyden ja sfäärisen ekvivalentin väliltä ( $r = -0.435$ ,  $p < 0.01$ ) (Chen - Liu - Tsai - Chen - Chou - Lee 2009).

Myös Urbanin ym. suorittama tutkimus toi esille samansuuntaisia tuloksia ( $r = -0.688$ ,  $p < 0.001$ ). Tutkimuksessa vertailtiin etukammion syvyyttä myopiaan, hyperopiaan sekä emmetropiaan. Myöoppien sfääriset ekvivalentit vaihtelivat tutkimuksessa välillä  $-0.50$  -  $-19.50$  dpt. (Urban - Kretowska - Szumiński - Bakunowicz-Łazarczyk 2012.)

Niin ikään Hosnyn ym. saivat tutkimuksissaan tulokseksi negatiivisen korrelaation etukammion syvyyden ja sfäärisen ekvivalentin välillä ( $r = -0.623$ ,  $p < 0.01$ ). Tämä tutkimus tehtiin vuonna 2000 Alicantessa Espanjassa. Tutkittavien sfääriset ekvivalentit olivat välillä  $-26.00$  -  $+8.50$  dpt. Tutkimuksessa havaittiin etukammion syvyyden korreloivan myös iän kanssa ( $r = -0.391$ ). (Hosny - Alió - Claramonte - Attia - Pérez-Santonja 2000: 337 - 338.)

## 5.2 Sfäärisen ekvivalentin erot miehillä ja naisilla

Aineistossamme miesten ja naisten sfääristen ekvivalenttien välillä oli eroa ( $0.317$  dpt) (ks. kuvio 8), mutta tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevä ( $p = 0.45$ ). Naisilla havaittiin enemmän myopiaa. Muissa tutkimuksissa on saatu vastaavanlaisia tuloksia. Toisaalta iällä ja elämäntavoilla on todettu olevan suurempi merkitys myopiaan kuin sukupuolella. Tietyssä ikävaiheessa (teini-ikästä keski-ikään) on joissakin tutkimuksissa havaittu naisilla myopian olevan suurempaa. (Committee on Vision 1989: 47; Czepita - Mojsa - Ustianowska - Czepita - Lachowicz 2007; Sood - Sood 2012.) Aineistossamme tutkittavien ikä oli noin 35 vuotta.



Kuvio 8. Oikean silmän sfäärisen ekvivalentin keskiarvot miehillä ja naisilla.

”Committee on Visionin” myopiaa käsittelevä kokoelmateos on koonnut monia tutkimuksia, joissa on saatu tulokseksi, että naisten myopia olisi miehiä suurempaa. Monissa näistä tutkimuksista iällä näytti kuitenkin olevan suurempi merkitys myopian määrään. Peckhamin ym. Englannissa, Skotlannissa ja Walesissa 1977 tekemässä tutkimuksessa myopian määrä ei eronnut lapsilla jotka olivat iältään 7 – 11 vuotta. Kaliforniassa 1952 Hirsch sai puolestaan esille seuraavia tuloksia: poikien myopia oli suurempaa kuin tyttöjen 5 – 6 –vuoden iässä, mutta vaihtui 13 – 14 –vuotiaana tyttöjen puolelle. Myös Goldschmidt (1968) Tanskassa ja Krause ym. (1982) Suomessa saivat koululaisia tutkiessaan tuloksiksi suuremmat myopia-arvot tytöille kuin pojille. Erojen on kuitenkin aosittain arveltu johtuvan luonnollisesta kehitysvaiheesta. (Committee on Vision 1989: 47.)

Myös alkuperäiskansoista eskimoita ja intiaaneja on tutkittu. Tulokset ovat vaihdelleet ja ne ovat myös muuttuneet iän myötä. Woodruff ja Samek (1976 ja 1977) tutkivat sekä eskimoita että intiaaneja. Eskimomiehet olivat tutkimusten perusteella voimakkaampia myooppeja, kun taas intiaanien kohdalla naiset saivat suurempia arvoja. Alsbirk (1979) raportoi miesten suuremmista myopia-arvoista iän ollessa yli 40 vuotta, mutta sitä aiemmin (15 - 39 -vuotiaana) naisten myopia oli voimakkaampaa. (Committee on Vision 1989: 47.)

Sekä Puolassa 2007 että Intiassa 2012 julkaistut tutkimukset antoivat niin ikään viitteitä naisten suuremmasta myopiasta. Puolassa tutkittavat olivat koululaisia iältään 6 – 18 vuotiaita ja myopian esiintyvyys oli tytöillä 7.4 % ja pojilla 5.1 % ( $p < 0.001$ ). Myös astigmatiaa oli havaittavissa hieman enemmän tytöillä (1.9 %) kuin pojilla (1.5 %) ( $p > 0.05$ ). Intiassa tutkittavat olivat nuoria aikuisia. Naisilla myopiaa esiintyi 50 %:lla ja miehillä 42 %:lla tutkittavista. Tulos ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä ( $p = 0.43$ ). Erojen myopian esiintyvyydessä on ajateltu geneettisten tekijöiden lisäksi johtuvan ainakin osittain elämäntapaan liittyvistä tekijöistä (vähemmän ulkoilma-aktiiviteetteja ja liiallinen lähityö). (Czepita ym. 2007; Sood - Sood 2012.)

### 5.3 Astigmatia

Koko tutkimusjoukkomme astigmatian keskiarvo oli -0.8870 dpt. Naisilla keskiarvo oli -0.8197 dpt ja miehillä -0.9630 dpt. Jaoinme astigmatian kahteen ryhmään akselisuunnan perusteella: säännönvastainen (miinussylinteri 60 - 120 astetta) ja säännönmukainen (miinussylinteri 0 - 30 tai 150 - 179 astetta). Astigmatian arvona käytimme silmälasimäärityksen sylinterivoimakkuutta ja akselisuuntaa. Otimme aineistosta korrelaation sfäärisen ekvivalentin ja säännönmukaisen sekä säännönvastaisen astigmatian välillä.

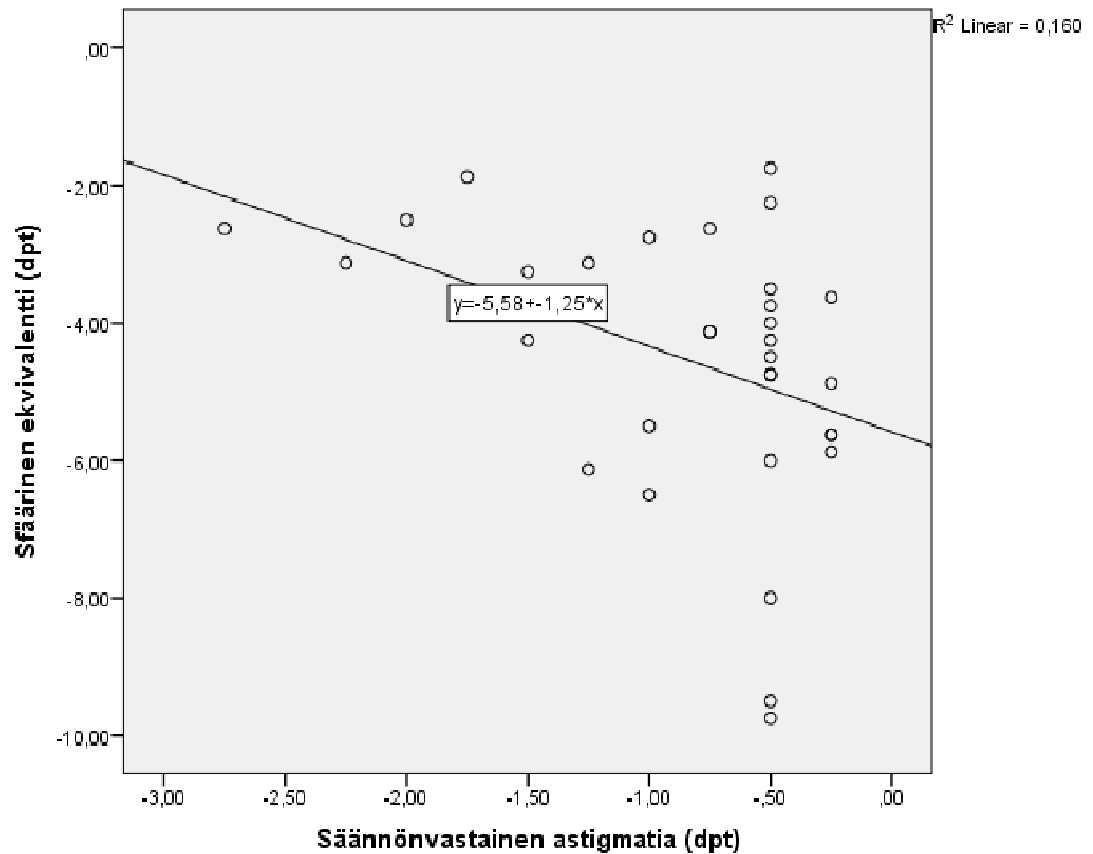
#### 5.3.1 Sfäärinen ekvivalentti ja astigmatia

Henkilöiden, joilla oli säännönvastaista ( $n = 33$ ) astigmatiaa, sfäärisen ekvivalentin keskiarvo oli -4.5073 dpt ja astigmatian keskiarvo oli -0.8636 dpt. Henkilöiden, joilla astigmatia oli säännönmukaista ( $n = 56$ ) sfäärisen ekvivalentin keskiarvo oli -5.2900 dpt ja astigmatian keskiarvo oli -1.1429 dpt. Eli näiden tulosten mukaan myopian ja astigmatian määrä on suurempi henkilöillä, joilla on säännönmukaista astigmatiaa. Samansuuntaisia tuloksia on saatu esille myös aiemmissa tutkimuksissa. Taiwanilaisessa tutkimuksessa astigmatia oli keskimäärin 0.75 dpt suurempi niillä, joilla oli säännönmukaista astigmatiaa. Tulos oli tilastollisesti merkitsevä. (Lai - Hsu - Wang - Chang - Chang 2010.)

Säännönvastainen astigmatia korreloi negatiivisesti sfäärisen ekvivalentin kanssa ja tulos oli tilastollisesti melkein merkitsevä ( $r = -0.399$ ,  $p = 0.021$ ) (ks. kuvio 9). Eli sfäärisen ekvivalentin kasvaessa astigmatian määrä pieneni. Säännönmukaisen astigmatian ja sfäärisen ekvivalentin väliltä ei löytynyt tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota ( $r = -$



0.046,  $p = 0.735$ ). Kaye ja Pattersson löysivät tilastollisesti merkitsevän negatiivisen korrelaation astigmatian ja sfäärisen ekvivalentin väliltä ( $r = 0.38$ ,  $p = 0.000083$ ) (Kaye - Pattersson 1997). Tutkimuksessa ei kerrottu oliko astigmatia säännönmukaista vai säännönvastaista. Tulokset olivat kuitenkin samansuuntaisia kuin oman aineistomme tulokset.



Kuvio 9. Sfäärisen ekvivalentin ja säännönvastaisen astigmatian korrelaation hajontakuvi.

## 6 Pohdinta

Ennen opinnäytetyön aloittamista oletimme, että myopiaan vaikuttaa vain silmän pituus ja sarveiskalvon muoto. Mielenkiintoista oli kuitenkin havaita, miten monet eri tekijät voivat vaikuttaa myopian määrään ja kehittymiseen, esimerkiksi esoforia, silmänpaine ja astigmatia.

Eniten tuloksissamme jäi mietityttämään naisten ja miesten korrelaatioiden väliset erot. Miehillä löytyi tilastollisesti merkitsevät tai melkein merkitsevät korrelaatiot sfäärisen ekvivalentin ja kammiokulman, etukammion tilavuuden sekä etukammion syvyyden välillä. Naisilla nämä eivät korreloineet juuri lainkaan tai tulokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Syynä eroon saattaa olla naisten ja miesten silmien väliset rakenteelliset erot.

Aineistossamme naisilla oli hieman enemmän myopiaa kuin miehillä. Ero ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä, mutta myös aiemmissa tutkimuksissa on saatu samansuuntaisia tuloksia. Vaikka naisilla on enemmän myopiaa, siihen eivät kuitenkaan vaikuttaneet muut silmän biometriset mitat kuin silmän aksiaalinen pituus. Naisilla on yleensä pienemmät silmät, mistä voisi virheellisesti olettaa, että heillä olisi vähemmän myopiaa. Ainoa aineistostamme löytyvä voimakkaampaa myopiaa selittävä tekijä on sarveiskalvon taittovoima, joka oli naisilla jonkin verran suurempi. Erilaiset elintavat, esimerkiksi lähityön määrä ja harrastukset, naisilla ja miehillä saattavat vaikuttaa taittovirheen kehittymiseen. Tutkimuksissa on osoitettu, että ikänäköisyyden lähentyessä, myopiaa esiintyykin enemmän miehillä. Ehkä naiset tekevät enemmän lähityötä ja iän karttuessa akkommodaatiospasmi purkautuu, jolloin myopian määrä vähenee.

Tuloksissamme ilmeni myös joitain eroja aiempien tutkimusten tulosten välillä. Tämä saattaa johtua pienestä otoksestamme, jonka takia tuloksia ei välttämättä voi yleistää. Emme kuitenkaan voineet vaikuttaa otoskokoön, koska emme itse keränneet aineistoa. Ero tutkimusten välillä saattaa johtua myös siitä, että tutkimushenkilömme olivat pelkkiä myooppeja ja aikaisemmissa tutkimuksissa tällaista jaottelua ei välttämättä ole tehty.

Jatkotutkimusehdotuksiamme samaa aineistoa käyttäen ovat tutkimus biometrinen mittojen välisistä korrelaatioista, myopian kehittyminen mittauskertojen välillä ja biometrinen mittojen kehittyminen mittauskertojen välillä. Ehdotamme myös samankaltaista tutkimusta, mutta verrokkiryhmänä olisivat hyperoopit. Lisäksi voisi tutkia tekijöitä, jotka

vaikuttavat miesten ja naisten erilaiseen myopian määrään, esimerkiksi elintavat (työ, koulutus, harrastukset), ympäristötekijät, perintötekijät ja silmän rakenne.

Haluamme lopuksi kiittää silmälääkäri Olavi Pärssistä siitä, että hän luovutti oman tutkimusaineistonsa käyttöömme.

## Lähteet

AlMahmoud, Tahra – Priest, David – Munger, Rejean – Jackson, W. Bruce 2011. Correlation between refractive error, corneal power, and thickness in a large population with a wide range of ametropia. *Investigative ophthalmology & visual science* 52 (3). 1235- 1242.

Angle, J. - Wissman, DA. 1978. Age, reading, and myopia. *American journal of optometry and physiological optics* 55. 302-308.

Asgari, Soheila - Hashemi, Hassan - Mehravaran, Shiva - Khabazkhoob, Mehdi - Emamian, Mohammad Hassan - Jafarzadehpur, Ebrahim - Shariati, Mohammad - Fotouhi, Akbar 2013. Corneal refractive power and eccentricity in the 40- to 64-year-old population of Shahroud, Iran. *Cornea* 32 (1). 25-9.

Baldwin, WR. 1964. Some relationships between ocular, anthropometric, and refractive variables in myopia. *Väitöskirja*. Indiana University. Indiana.

Baldwin, WR. 1981. A longitudinal study of corneal astigmatism. *American journal of optometry and physiological optics* 58. 206-211.

Bear, JC. 1991. Epidemiology and genetics of refractive anomalies. Teoksessa Flom, MC. (toim.): Grosvenor, Theodore. *Refractive anomalies: research and clinical applications*. Boston: Butterworth-Heinemann. 57-80.

Bear, JC. - Richler, A. - Burke, G. 1981. Nearwork and familial resemblances in ocular refraction: a population study in Newfoundland. *Clinical genetics* 19. 462-472.

Bedrossian, RH. 1979. The effect of atropine on myopia. *Ophthalmology* 86 (5). 713-717.

Carney, Leo G. - Mainstone, Julia C. - Henderson, Beth A. 1997. Corneal topography and myopia. *Investigative ophthalmology & visual science* 38 (2). 311-320.

Chen, Mei-Ju - Liu, Yin-Tzu - Tsai, Chia-Chen - Chen, Yen-Cheng - Chou, Ching-Kuang - Lee, Shu-Mei 2009. Relationship between corneal thickness, refractive error,

corneal curvature, anterior chamber depth and axial length. Journal of the Chinese medical association 72 (3). 133-137.

Committee on Vision 1989. Myopia: prevalence and progression. Washington D.C: National Academy Press.

Curtin, BJ. 1972. The management of myopia. Transactions - Pennsylvania academy of ophthalmology and otolaryngol 25. 117-123.

Curtin, BJ. 1985. The myopias: basic science and clinical management. Philadelphia: Harper & Row.

Czepita, D. - Mojsa, A. - Ustianowska, M. - Czepita, M. - Lachowicz, E. 2007. Role of gender in the occurrence of refractive errors. Annales academiae medicae aetnensis 52 (2). 5-7.

Erickson, P. 1991. Optical components contributing to refractive anomalies. Teoksessa Flom, MC. (toim.): Grosvenor, Theodore. Refractive anomalies: research and clinical applications. Boston: Butterworth-Heinemann. 199-218.

Fam, HB. - How, AC. - Baskaran, M. - Lim, KL. - Chan, YH. - Aung, T 2006. Central corneal thickness and its relationship to myopia in Chinese adults. British journal of ophthalmology 90. 1451-1453.

Fletcher, MC. - Brandon S. 1955. Myopia of prematurity. American journal of ophthalmology 40. 474-481.

Forrester, John - Dick, Andrew - McMenamin, Paul - Lee, William 1999. The eye: basic sciences in practise. Lontoo: W.B. Saunders.

Fulton, Anne - Hansen, Ronald - Petersen, Robert 1982. The relation of myopia and astigmatism in developing eye. Ophthalmology 89 (4). 298-302.

Ganguli, D – Roy, IS – Biswas, SK – Sengupta, M 1975. Study of corneal power and diameter in simple refractive error. Indian journal of ophthalmology 23 (1). 6-11.

Goes, F. 1982. Ocular Biometry in Childhood. The bulletin of the Belgian society of ophthalmology 202. 159-193.

Goldschmidt, E. 1968. On the etiology of of myopia - an epidemiological study. Kööpenhamina: Munksgaard.

Goss, David 1986. Effect of bifocal lenses on the rate of childhood myopia progression. American journal of optometry and physiological optics 63. 135-141.

Goss, David 1990. Variables related to the rate of childhood myopia progression. Optometry and vision science 67. 631-636.

Goss, David 1991. Childhood myopia. Teoksessa Flom, MC. (toim.): Grosvenor, Theodore. Refractive anomalies: research and clinical applications. Boston: Butterworth-Heinemann. 81-103.

Goss, David 1998. Development of ametropias. Teoksessa Benjamin, William (toim.): Borish's clinical refraction. Philadelphia: W.B. Saunders company. 47-76.

Goss, David - Grosvenor, Theodore 1990. Rates of childhood myopia progression with bifocals as a function of nearpoint phoria: Consistency of three studies. Optometry & vision science 67. 637-640.

Grosvenor, Theodore 1977. Are visual anomalies related to reading ability? Journal of the American optometric association 48. 510-516.

Grosvenor, Theodore 2007. Primary care optometry. 5. painos. St. Louis: Butterworth-Heinemann.

Grosvenor, T. - Perrigin, D. - Maslovitz, B. 1987. Houston myopia control study: a randomized clinical trial. Part II. Final report by the patient care team. American journal of optometry and physiological optics 64. 482-498.

Gwiazda, Jane - Grice, Kenneth - Held, Richard - McLellan, James - Thorn, Frank 2000. Astigmatism and the development of myopia in children. Vision research 40 (8). 1019-1026.

Gwiazda, J. - Thorn, F. - Bauer, J. - Held, R. 1993. Emmetropization and the progression of manifest refraction in children followed from infancy to puberty. *Clinical vision sciences* 8. 337-344.

Hashemi, Masih - Falavarjani, Khalil Ghasemi - Aghai, Gholam Hosseyn - Aghdam, Kaveh Abri - Gordiz, Arzhang 2013. Anterior segment study with the pentacam scheimpflug camera in refractive surgery candidates. *Middle East African journal of ophthalmology* 20 (3). 212-216.

Heikkilä, Tarja 1998. *Tilastollinen tutkimus*. Helsinki: Edita.

Hemminki, Elina - Pärssinen, Olavi 1987. Prevention of myopic progress by glasses - Study design and the 1<sup>st</sup> year results of randomized trial among schoolchildren. *Optometry and Vision Science* 64. 611-616.

Hirsch, MJ. 1955. The Ojai longitudinal study of refractive state. *American journal of optometry and archives of American academy of optometry* 32. 162-165.

Hirsch, MJ. 1963. The refraction of children. Teoksessa Wick, RE. (toim.): Hirsch, MJ. *Vision of children*. Philadelphia: Chilton. 145-172.

Hirsch, MJ. 1964. Predictability of refraction at age 14 on the basis of testing at age 6 — Interim report from the Ojai longitudinal study of refraction. *American journal of optometry and archives of American academy of optometry* 41. 567-573.

Hofstetter, HW. 1954. Some interrelationships of age, refraction, and rate of refractive change. *American journal of optometry and archives of American academy of optometry* 31. 161-169.

Hosny, Mohamed - Alió, Jorge L. - Claramonte, Pascual - Attia, Walid H. - Pérez-Santonja, Juan J. 2000. Relationship between anterior chamber depth, refractive state, corneal diameter, and axial length. *Journal of refractive surgery* 16 (3). 336-340.

Jensen, H. 1992. Myopia progression in young school children and intraocular pressure. *Documenta ophthalmologica* 82. 249-255.

Jensen, H. 1991. Myopia progression in young school children. A prospective study of myopia progression and the effect of a trial with bifocal lenses and beta blocker eye drops. Kööpenhamina: Scriptor.

Johansen EV. 1949. Simple myopia in schoolboys in relation to body height and weight. *Acta ophthalmologica* 28. 355-361.

Kaye, Stephen B. - Patterson, Allan 1997. Association between total astigmatism and myopia. *Journal of cataract & refractive surgery* 23 (10). 1496-1502.

Kim, Myung Hun - Zhao, Di - Kim, Woori - Lim, Dong-Hui - Song, Yun-Mi - Guallar, Eliseo - Cho, Juhee - Sung, Joohon - Chung, Eui-Sang - Chung, Tae-Young 2013. Heritability of myopia and ocular biometrics in Koreans: the healthy twin study. *Investigative ophthalmology & visual science* 54 (5). 3644-3649.

Krachmer, Jay H. - Mannis, Mark J. - Holland, Edward J. 2011. *Cornea*. 3. painos. Elsevier.

Kyprowski, Robert - Wróbel, Zygmunt - Wilczyński, Sławomir - Nowińska, Anna - Wylęgała, Edward 2013. Methods of measuring the iridocorneal angle in tomographic images of the anterior segment of the eye. *Verkkodokumentti*. <<http://www.biomedical-engineering-online.com/content/12/1/40>>. Luettu 11.3.2013.

Labiris, Georgios - Gkika, Maria - Katsanos, Andreas - Fanariotis, Michael - Alvanos, Efstratios - Kozobolis, Vassilios 2009. Anterior chamber volume measurements with Visante optical coherence tomography and Pentacam: repeatability and level of agreement. *Clinical & experimental ophthalmology* 37 (8). 772-774.

Lai, Yu-Hung - Hsu, Hsin-Tien - Wang, Hwei-Zu - Chang, Cheng-Hsien - Chang, Shun-Jen 2010. Astigmatism in preschool children in Taiwan. *Journal of American association for pediatric ophthalmology and strabismus* 14 (2). 150-154.

Larsen, JS. 1971. The sagittal growth of the eye. IV. Ultrasonic measurement of the axial length of the eye from birth to puberty. *Acta ophthalmologica* 49. 873-886.



Majumder, Dutta 2008-2013. Anatomy of anterior chamber by Dr. Parthoprati Dutta Majumder. Verkkodokumentti. <<http://www.eophtha.com/eophtha/Anatomy/anatomyofanteriorchamber.html>>. Luettu 25.3.2014.

Marsden, HJ. - Joe, JJ. - Edrington, TB. 1994. Changes in corneal eccentricity with orthokeratology. *Optometry & vision science* 71: 94.

McBrien, NA. - Moghaddam, HO. - Reeder, AP. 1993. Atropine reduces experimental myopia and eye enlargement via a nonaccommodative mechanism. *Investigative ophthalmology & visual science* 34. 205-215.

Meng, W. - Butterworth, J. - Malecaze, F. - Calvas, P. 2011. Axial length of myopia: a review of current research. *Ophthalmologica* 225 (3). 127-134.

Millodot, Michel 2009. Dictionary of optometry and visual science. 7. painos. St. Louis: Butterworth-Heinemann.

Morgan, Ian G. - Ohno-Matsui, Kyoko - Saw, Seang- Mei 2012. Myopia. *The Lancet* 379 (9827). 1739-1748.

Morgan, MW. 1967. A review of the major theories for the genesis of refractive state. Teoksessa Hirsch, MJ. (toim.) *Synopsis of the refractive state of the eye. A symposium*. Minneapolis: Burgess. 8-12.

Mountford J. 1997. An analysis of the changes in corneal shape and refractive error induced by accelerated orthokeratology. *International contact lens clinic* 24. 128-143.

Murata, C. - Mallmann, F. - Yamazaki, E. - Campos, M. 2007. Anterior ocular segment study with the Scheimpflug rotational camera in refractive surgery candidates. *Arquivos Brasileiros de oftalmologia* 70 (4). 619-624.

Nadell, MC. - Weymouth, FW. - Hirsch, MJ. 1957. The relationship of frequency of use of the eye in close work to the distribution of refractive error in a selected sample. *American journal of optometry and archives of American academy of optometry* 34. 523-537.

Olsen, T. - Arnarsson, A. - Sasaki, H. - Sasaki, K. - Jonasson, F. 2007. On the ocular refractive components: the Reykjavik Eye Study. *Acta ophthalmologica Scandinavica* 85. 361–366.

Orta-Arellano F. - Muñoz-Rodríguez P. - Salinas-Gallegos JL. 2011. Measurement of anterior chamber angle with optical coherence tomography. Kubena, Tomáš (toim.) *The mystery of glaucoma*. 221-228.

Paritsis, N. - Sarafidou, E. - Koliopoulos, J. - Trichopoulos, D. 1983. Epidemiologic research on the role of studying and urban environment in the development of myopia during school-age years. *Annals of ophthalmology* 15. 1061-1065.

Pärssinen, Olavi 2000a. Progression of school myopia from its onset at mean age of 10.9 years: 13-year follow-ups study. *Myopia Updates II*. Lin, L.L.-K. - Shih, Y.F. - Hung, P.T. (toim.). Tokio: Springer-Verlag. 25-28.

Pärssinen, Olavi 2000b. Long-term connection of myopic progression with different background variables. *Myopia Updates II*. Lin, L.L.-K. - Shih, Y.F. - Hung, P.T. (toim.). Tokio: Springer-Verlag. 21-23.

Pärssinen, Olavi 2009. Pilaako lukeminen silmät? *Suomen lääkärilehti* 64 (6). 495-498.

Pärssinen, Olavi 2012. The increased prevalence of myopia in Finland. *Acta ophthalmologica* 90 (6). 497-502.

Pärssinen, Olavi - Hemminki, Elina - Klemetti, Anneli 1989. Effect of spectacle use and accommodation on myopic progression: final results of a three-year randomized clinical trial among schoolchildren. *British journal of ophthalmology* 73 (7). 547-551.

Pärssinen, O. - Lyyra, A-L. 1993. Myopia and myopic progression among schoolchildren: A three-year follow-up study. *Investigative ophthalmology & visual science* 34. 2794-2802.

Richler, A. - Bear, JC. 1980. Refraction, nearwork, and education - a population study in Newfoundland. *Acta ophthalmologica* 58 (3). 468-478.

Roberts, WL. - Banford, RD. 1963. Evaluation of bifocal correction technique in juvenile myopia. Väitöskirja. Massachusetts College of Optometry. Boston.

Roberts, WL. - Banford, RD 1967. Evaluation of bifocal correction technique in juvenile myopia. *Optometric Weekly* 58 (38). 25-28, 31; 58 (39). 21-30, 58; 58 (40). 23-28, 58; 58 (41). 27-34, 58; 58 (43). 19-24, 26.

Rüfer, Florian - Schröder, Anke - Klettner, Alexa - Frimpong-Boateng, Adjoa - Roider, Johann B. - Erb, Carl 2010. Anterior Chamber depth and iridocorneal angle in healthy white subjects: effects of age, gender and refraction. *Acta ophthalmologica* 88 (8). 885-890.

Scharf, J. - Zonis, S. - Zeltzer, M. 1975. Refraction in Israeli premature babies. *Journal of pediatric ophthalmology and strabismus* 15. 48-50.

Solomon, Ira Seth 2002. Aqueous humor dynamics. Verkkodokumentti. <<https://www.nyee.edu/pdf/solomonaqhumor.pdf>> Luettu 25.3.2014.

Sood, RS. - Sood, A. 2012. Influence of gender on the prevalence of myopia in young adults. *International journal of basic and applied medical sciences* 2 (1). 201-204.

Sorsby, A. - Benjamin, B. - Sheridan, M. 1961. Refraction and its components during the growth of the eye from the age of three (Medical research council special reports series no. 301). Lontoo: Her majesty's stationery office.

Sorsby, A. - Leary, GA. 1970. A longitudinal study of refraction and its components during growth of the eye from the age of three. Medical research council special reports series 301. Lontoo: Her majesty's stationery office.

Tang, SS. - Rong, SS. - Youq, AL. - Tam, PO. - Pang, CP. - Chen, LJ. 2014. PAX6 gene associated with high myopia: A meta-analysis. *Optometry & vision science*.

Teasdale, TW. - Fuchs, J. - Goldschmidt, E. 1988. Degree of myopia in relation to intelligence and educational level. *Lancet*. 1351-1354.

Teikari JM. 1987. Myopia and stature. *Acta ophthalmologica* 65. 673-676.

The anterior segment n.d. Verkkodokumentti.  
<[http://telemedicine.orbis.org/bins/content\\_page.asp?cid=8944-8946&lang=1](http://telemedicine.orbis.org/bins/content_page.asp?cid=8944-8946&lang=1)> Luettu 11.3.2014.

The Fred Hollows Foundation NZ 2005. Anatomy of the eye. Verkkodokumentti.  
<<http://www.hollows.org.nz/eye-health/anatomy-eye>>. Luettu 20.3.2014.

Tron EJ. 1940. The optical elements of the refractive power of the eye. Teoksessa Sorsby, A. (toim.) Ridley, F. *Modern Trends in Ophthalmology*. New York: Hoeber Press. 245.

Uçakhan, OO - Gesoğlu, P - Ozkan, M - Kanpolat, A 2008. Corneal elevation and thickness in relation to the refractive status measured with the Pentacam Scheimpflug system. *Journal of cataract and refractive surgery* 34. 1900-1905.

Urban, B. - Kretowska, M. - Szumiński, M. - Bakunowicz-Łazarczyk, A. 2012. Evaluation of anterior chamber depth measurements in emmetropic, hypermetropic and myopic eyes in children and adolescents using OCT Visante. *Klinika Oczna* 114 (1). 18-21.

Wong, TY. - Foster, PJ. - Ng, TP. - Tielsch, JM. - Johnson, GJ. - Seah, SK 2001. Variations in ocular biometry in an adult Chinese population in Singapore: the Tanjong Pagar Survey. *Investigative ophthalmology & visual science* 42. 73-80.

Yamamoto, M. - Tatsugami, H. - Bun, J. 1979. A follow-up study of refractive error of premature infants. *Japanese journal of ophthalmology* 23. 435-443.

Young, FA. 1955. Myopes versus non-myopes - a comparison. *American journal of optometry and archives of American academy of optometry* 32. 180-191.

Young, FA. 1977. The nature and control of myopia. *Journal of the American optometric association* 48. 451-457.



